Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 1, Spring 2023, p. 135-149

The Effect of Arginine on some Biochemical Attributes Strawberry Fruit (*Fragaria× ananassa* cv. Albion) under Deficit Fertigation

S. Maslahati fard[1*]– H. Hassanpour[2]

Received: 14-11-2021 Revised: 24-10-2022 Accepted: 05-11-2022 Available Online: 05-11-2022	**How to cite this article:** Maslahati fard, S., & Hassanpour, H. (2023). The effect of arginine on some biochemical attributes strawberry fruit (*Fragaria× ananassa* cv. Albion) under deficit fertigation. *Journal of Horticultural Science 37*(1): 135-149. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jhs.2022.73636.1108

Introduction

Strawberries with the scientific name *Fragaria* × *ananassa* Dutch. It belongs to the Rosaceae family. Strawberry is one of the fruits that has found many fans around the world due to its aroma, taste and nutritional value. The main characteristics of strawberry fruit quality are flavor (ratio of sugar to acid and volatile compounds) and color. Excellent plants need nitrogen in addition to carbon to meet their growth and food needs. The most vital compounds in plant living cells are proteins, which are made up of amino acid building blocks. Different amino acid sequences cause variation in the resulting proteins. Arginine is a multifunctional amino acid found in living cells and is an important storage and transport form for organic nitrogen in plants. In addition to its function as a major component of protein, it is an essential metabolite for many cellular and growth processes. Studies have shown that arginine increases the synthesis of flowering hormones related to flowering and fruiting. This amino acid is also involved in the activity of various plant enzymes. This amino acid binds to membrane nucleic acids and phospholipids and increases the activity of enzymes such as catalase. Due to the importance of producing organic products and also due to the fact that so far no study has been done on the effect of arginine on the growth and physiological characteristics of strawberry cultivar Albion. Therefore, in this study, the role of arginine on some quantitative and qualitative characteristics of albumin strawberry fruit in hydroponic conditions was investigated.

Materials and Methods

The present study was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. In this study, the effect of arginine with three levels (0, 100 and 200 mg / l) on the quantitative and qualitative characteristics of Albion strawberry fruit under deficit fertigation conditions with two levels (140 and 180 ml) in a completely randomized design with 4 replications. In this study, traits such as fruit flavor, titratable acidity, soluble solids, fruit firmness, vitamin C, total phenol, total flavonoids, total anthocyanins and total antioxidant capacity were investigated. XTPlus-TA tissue analysis device was used to measure the firmness of fruit texture. Vitamin C content of fruit extract was measured by ascorbic acid based on dye reduction of 2,6 dichlorophenol indophenol (DCPIP). The Titration method was used to measure titratable acidity (TA). ATAGO manual refractometer was used to measure the amount of soluble solids. Also for measuring the taste of fruit by Voca *et al*. used. The Absorption difference method at different pHs was used to measure total anthocyanin. Total antioxidant capacity was assessed using the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method. Folin-ciocalteau method was used to measure the total phenol content. Shin et al. Method was used to measure the total flavonoid content of fruit.

Results and Discussion

The results obtained from the analysis of variance of the data showed that the measured indices were

1 and 2- M.Sc. Graduate in Horticultural Sciences and Associate Professor, Department of Horticulture, Urmia University, Urmia, respectively.
(*- Corresponding Author Email: salahmaslahate73@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2022.73636.1108

affected by different treatments of arginine and deficit fertigation. Based on the results, arginine treatment on fruit flavor, titratable acidity, soluble solids, fruit firmness, total anthocyanin, vitamin C, phenol, flavonoids and total antioxidant capacity showed a significant difference. The highest amount of soluble solids, fruit flavor and firmness of fruit texture were recorded in arginine treatment with a concentration of 100 mg / l under normal fertigation conditions (180 ml). Also, the highest amount of phenol and total flavonoids was observed at the same level of fertigation, albeit with arginine treatment at a concentration of 200 mg / l. Also, the highest amount of anthocyanin, vitamin C and total antioxidant capacity were recorded in arginine treatment with a concentration of 200 mg / l, in conditions of mild deficit fertigation (140 ml).

Conclusion

Excessive use of chemical fertilizers in agricultural production, especially in hydroponic cultivation in greenhouses, causes fertilizer wastage and as a result increases production costs as well as increases greenhouse drainage. Therefore, it has destructive effects on the environment, so reducing the amount of nutrient solution can be a management option to reduce the harmful effects on the environment and save water. Also, due to the importance of producing organic products and increasing demand, the use of healthy and organic compounds such as amino acids (arginine) to increase the quality and quality of the product, is very necessary. In the present study, arginine treatment increased the quality of strawberry fruit by affecting its photochemical content such as total antioxidant activity, vitamin C, total phenol, anthocyanin, etc. in low solubility conditions. Also, by increasing the firmness of the fruit texture, it improved the appearance quality of the fruit, which is important for attracting the consumer's attention. In general, the results showed that arginine spraying (200 mg / l) in normal solution and mild dissolution conditions can be effective in improving the quality of strawberries cultivated in hydroponic conditions.

Keywords: Amino acid, Fruit quality, Nutrient solution, Soluble solids

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص.۱٤۹-۱۳۵

تأثیر آرژینین بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی

صلاح الدین مصلحتی‌فرد[1]*- حمید حسن‌پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴

چکیده

استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در کشت هیدروپونیک، باعث هدر رفت کود و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید و همچنین افزایش زه‌آب گلخانه‌ای می‌شود. برای جبران تأثیر منفی کمبود آب و محلول غذایی، استفاده از ترکیباتی مانند آمینواسیدها (آرژینین) جهت افزایش کیفیت و کمیت محصول، می‌تواند مؤثر باشد. در این پژوهش تأثیر آرژینین با سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب) بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم‌محلول‌دهی با دو سطح (۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار آرژینین روی صفات طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، آنتوسیانین کل، ویتامین ث، فنل، فلاونوئید و ظرفیت‌آنتی‌اکسیدان کل اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین میزان مواد جامد محلول، طعم میوه و سفتی بافت میوه در تیمار آرژینین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی لیتر) ثبت شد. همچنین بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل در تیمار آرژینین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، در سطح محلول‌دهی نرمال مشاهده گردید. بیشترین میزان آنتوسیانین کل، ویتامین ث و ظرفیت آنتی اکسیدان کل، در تیمار آرژینین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، در شرایط کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) ثبت شد. بطور کلی نتایج نشان داد که محلول‌پاشی آرژینین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط محلول‌دهی نرمال و کم محلول‌دهی ملایم می‌تواند در بهبود کیفیت توت‌فرنگی‌های کشت شده در شرایط هیدروپونیک مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، کیفیت میوه، محلول غذایی، مواد جامد محلول

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria× ananassa* Dutch. از خانواده *Rosaceae* است. توت‌فرنگی جزء میوه‌هایی است که به دلیل عطر، طعم و ارزش غذایی بالا طرفداران زیادی در سراسر جهان دارد (Yildizhan, 2018). ویژگی‌های اصلی مربوط به کیفیت میوه توت‌فرنگی، عطر و طعم (نسبت قند به اسید و ترکیبات فرار) و رنگ است (Yildizhan, 2018). دوره تولید کوتاه این محصول امکان تولید خارج از فصل آن را برای طرفدارانش فراهم کرده است و در طول سال به صورت تازه خوری قابل عرضه به بازار است. امروزه این کار از طریق کشت‌های گلخانه‌ای و روش‌های کشت بدون خاک در درون گلخانه‌ها اهمیت ویژه‌ای یافته است (Morgan, 2005). رقم آلبیون یک رقم روز خنثی بوده و در تمام طول فصل رشد به صورت مداوم گلدهی دارد، این رقم مقاوم به پژمردگی ورتیسیلیوم و پوسیدگی فیتوفترا بوده و مقاومت نسبی به پوسیدگی آنتراکنوز دارد. میوه آن نیز اغلب بلند، مخروطی، متقارن و به رنگ قرمز تیره است (Jamali and Bunyanpour, 2016).

گیاهان عالی، برای تأمین نیازهای رشدی خود و غذاسازی علاوه بر کربن، نیازمند نیتروژن نیز می‌باشند. جذب و به کارگیری شکل‌های مختلف نیتروژن، از جمله نیترات و آمونیوم، به طور گسترده‌ای مورد

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: salahmaslahate73@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhs.2022.73636.1108

مطالعه قرار گرفته است. اما در مورد شکل‌های آلی و ارگانیک آن، از جمله اسیدهای آمینه، مطالعات محدودی انجام شده است (Kim *et al*., 2010). حیاتی‌ترین ترکیبات سلول‌های زنده گیاهی پروتئین‌ها هستند که از واحدهای سازنده اسیدآمینه‌ها ساخته می‌شوند. توالی‌های مختلف اسیدآمینه‌ها باعث ایجاد تنوع در پروتئین‌های حاصله می‌شود (Kim *et al*., 2010).در چند سال اخیر تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی یا ارگانیک از جمله اسیدهای آمینه بعنوان جایگزین مواد شیمیایی برای افزایش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی افزایش پیدا کرده است (Jahani *et al*., 2016).

آرژنین به عنوان یک اسید آمینه با عملکرد متنوعی در سلول‌های زنده وجود دارد و یک فرم ذخیره‌ای و انتقالی مهم برای نیتروژن آلی در گیاهان محسوب می‌شود. علاوه بر کارایی آن به عنوان جزء اصلی پروتئین، یک متابولیت ضروری برای بسیاری از فرآیندهای سلولی و رشدی است. همچنین آرژنین پیشگامی برای بیوسنتز پلی‌آمین‌ها، آگماتین، پرولین و نیتریک اکسید است (Winter *et al*., 2015).مطالعات نشان داده است که آرژنین سنتز هورمون‌های گیاهی مرتبط با گلدهی و میوه‌دهی را افزایش می‌دهد (El-Naggar *et al*., 2013). همچنین این اسیدآمینهٔ در فعالیت آنزیم‌های مختلف گیاهی درگیر است. این اسید آمینه به اسید نوکلئیک و فسفولیپیدهای غشاء متصل می‌شود و فعالیت آنزیم‌هایی همچون کاتالاز را افزایش می‌دهد (Bidaki *et al*., 2017).

در مطالعه‌ای تاثیر اسیدآمینه آرژنین روی ویژگی‌های رویشی و زایشی توت‌فرنگی رقم پاروس، مشاهده شد که تیمار آرژنین ویژگی‌های رویشی، زایشی، کیفی و کمی میوه توت‌فرنگی را بهبود بخشید، همچنین طی مدت انبارمانی مشخص گردید، که تیمار آرژنین بیشترین تاثیر را روی بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین، ترکیبات فنلی، استحکام میوه (سفتی)، مواد جامد محلول کل و اسیدیته قابل تیتراسیون داشت (Mohseni *et al*., 2015). در مطالعه بیدکی و همکاران (Bidaki *et al*., 2017) کاربرد اسید آمینه آرژنین روی توت‌فرنگی رقم گاویتا با کمترین کاهش وزن، عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌ها را افزایش داد و همچنین مقدار مواد جامد محلول کل را بهبود بخشید.

کاربرد آرژنین روی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) موجب کاهش اثر شوری در جوانه‌زنی بذر و رشد جوانه گردید (Badi *et al*., 2018). همچنین تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد خارجی آرژنین به‌طور قابل توجهی باعث افزایش رشد و بهره‌وری گیاه می‌شود، علاوه بر این باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زیست محیطی نیز می‌شود (Rezaei Alulu *et al*., 2019). تیمار پس از برداشت مارچوبه سبز (*Asparagus officinalis* L.) با آرژنین باعث افزایش مقدار کل ترکیبات فنلی، پروتئین محلول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش تجمع مالون دی آلدهید شد که در نهایت ماندگاری آن را افزایش داد (Winter *et al*., 2015).

کم‌محلول‌دهی یکی از تنش‌های جدی غیر زنده است که رشد، نمو و تولید را محدود می‌کند و روی فیزیولوژی و مکانیسم‌های بیوشیمیایی تأثیرگذارد، بنابراین این شاخص می‌تواند کیفیت میوه را بهبود و غلظت ترکیبات وابسته به طعم و مواد فیتوشیمیایی را افزایش دهد (Hernández, 2018). در مطالعه‌ای تنش خشکی در توت‌فرنگی غلظت ترکیباتی همچون آنتوسیانین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را افزایش پیدا کرد (Giné-Bordonaba and Terry, 2016). کم‌آبیاری در توت‌فرنگی محتوای ماده خشک را نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد، همچنین غلظت منوساکاریدها، نسبت قند به اسید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل‌های کل را در میوه‌های تیمار شده بهبود بخشید (Terry and Bordonaba, 2007).

به دلیل اهمیت تولید محصولات ارگانیک و همچنین با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تأثیرآرژنین بر روی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم آلبیون انجام نشده است. بنابراین در این پژوهش نقش آرژنین بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. نشاءهای توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' بعد از خریداری به مدت ۲۴۰ ساعت در سردخانه (صفر الی ۴ درجه سانتی‌گراد) گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه سرمادهی شدند (Bidaki *et al*., 2017). پس از رفع نیاز سرمایی نشاءهای توت‌فرنگی (پس از حذف برگ‌های ضعیف و پیر) در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۹ سانتی‌متر و ترکیب بستر کشت کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۱:۱، با شرایط فتوپریودی ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۷۰ -۵۰ درصد و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب، در اول آبان ماه در گلخانه کشت شدند. تیمار آرژنین، در سه زمان، ۳۰ روز بعد از کاشت (۶ الی ۹ برگی)، گلدهی کامل و زمانی که میوه‌ها تشکیل شدند، در سه سطح (صفر،۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب)، به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. محلول غذایی در دو سطح کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) و محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) به صورت یک روز در میان در اختیار بوته‌ها قرار گرفت. در طول دوره کشت به منظور آبشویی بستر کشت، چند مرحله آبیاری بدون کود، صورت گرفت. گیاهان بر اساس فرمول غذایی لینت مورگان تغذیه شدند که شامل کودهای ماکرو و میکرو بود (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر عناصر در محلول غذایی استفاده شده برای کشت توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در سیستم هیدروپونیک

Table 1- The amounts of minerals in the nutrients solution used for growing strawberries cv. 'Albion' in a hydroponic system according to Lynette (2006)

مرحله رشد Grawth Stage	Nutrients ($mg.L^{-1}$) عناصر غذایی N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	EC	pH
رشد رویشی Vegetative growth	207	65	184	58	221	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8
میوه‌دهی Fruiting	182	82	301	58	148	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8

میوه‌هایی که بیش از ۸۰ درصد رنگ گرفته بودند، برداشت و برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر استفاده شدند (Bidaki *et al.*, 2017).

صفات مورد بررسی

در این پژوهش صفاتی نظیر طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، ویتامین ث، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل مورد بررسی قرار گرفت.

سفتی بافت میوه

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دستگاه تجزیه و سنجش بافت مدل XTPlus-TA استفاده شد. سرعت پیش آزمون دستگاه ۲ میلی متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۱ میلی متر بر ثانیه و سرعت پس آزمون ۱۰ میلی متر بر ثانیه انتخاب شد. پروب مورد استفاده دارای قاعده‌ای مسطح و با قطر ۵ میلی‌متر بود. از روی نمودارهای نیرو-زمان حداکثر نیروی لازم برای نفوذ محاسبه و بر حسب نیوتون قرائت شد (Valero *et al.*, 2002).

میزان آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

میزان ویتامین ث عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ۲،۶ دی کلرو فنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک اسید اندازه‌گیری شد (Bor *et al.*, 2006). در این روش ۱ گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط فوق در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در ۴ تکرار خوانده شد. نمونه بلانک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود. از آسکوربیک اسید هم به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار آسکوربیک اسید به صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه بیان گردید.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

برای این منظور از روش تیتراسیون استفاده شد به این صورت که ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه داخل ارلن مایر ریخته شد. سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون، همزمان با قرائت pH، عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیترآب) تا زمان رسیدن pHعصاره به عدد ۸/۲، انجام شد. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرفی، مقدار اسید موجود در عصاره میوه به صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه بیان گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2007)میزان اسیدیته قابل تیتر توت‌فرنگی برحسب فرمول زیر محاسبه گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2007):

$$TA = \left(\frac{S \times N \times F \times E}{C}\right) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

TA: مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره میوه توت‌فرنگی
S: مقدار NaOH مصرف شده (میلی‌لیتر)؛
N: نرمالیته NaOH (۰/۱ نرمال)؛ F: فاکتور NaOH یا ضریب نرمال (۱)؛ C: مقدار عصاره میوه (۱۰ میلی‌لیتر) و
E: اکی‌والان اسید سیتریک (۰/۰۶۴)

مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول با قرار دادن چند قطره از عصاره میوه توت‌فرنگی روی رفراکتومتر دستی مدل ATAGO انجام شد و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت گردید. قبل از شروع کار، رفراکتومتر کالیبره شده و همچنین پس از هر بار قرائت، رفراکتومتر با آب مقطر شسته شده و برای قرائت‌های بعدی خشک گردید.

طعم میوه

برای سنجش طعم میوه از روش Voca و همکاران (Voca *et al.*, 2007)استفاده شد به طوری که نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون به عنوان یکی از شاخص‌های طعم منظور گردید. بنابراین کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و به دنبال آن افزایش میزان مواد جامد محلول، بالا رفتن شاخص طعم میوه را به همراه خواهد داشت.

استخراج عصاره‌ها

استخراج عصاره‌ها برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و فنل کل به این صورت انجام شد که نمونه ها با کمک ازت مایع بصورت پودر در آمدند. ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگهداری و دوباره به مدت ۱ دقیقه ورتکس و سپس به مدت ۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رو شناور نمونه‌ها به آرامی برداشته و در لوله‌های دربدار در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. استخراج عصاره برای محتوی فلاونوئید و آنتوسیانین کل از متانول ۸۵ درصد اسیدی (حاوی یک میلی‌لیتر HCl غلیظ) استفاده شد (Hassanpour and Alizadeh, 2016).

تعیین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی

ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل با استفاده از روش رادیکال آزاد DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ارزیابی شد. به این صورت که ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۳ میلی لیتر محلول DPPH (۰/۰۰۸ گرم DPPH در ۲۰۰میلی‌متر متانول) مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی نگهداری شد. تغییرات جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد، ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل طبق معادله (۲) محاسبه گردید. ترکیب نمونه بلنک، متانول ۸۵ درصد به همراه محلول DPPH بود (Wang *et al.*, 2019).

$$\text{DPPH (\% inhibition)} = [(Abs_0 - Abs_1) / Abs_0] \times 100$$ معادله(۲)

DPPH (% inhibition)=برحسب درصد DPPH بازدارندگی

Abs_0 = مقدار جذب بلنک

Abs_1 = مقدار جذب نمونه

اندازه‌گیری میزان فنل کل میوه توت‌فرنگی

برای سنجش محتوای فنل کل از روش Folin- ciocalteau استفاده شد به این صورت که ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی را با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول فولین ۱۰٪ مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه ۴۰۰ میکرو لیتر کربنات سدیم (۷ مولار) به آن اضافه شد. بعد از گذشت ۲ ساعت در دمای اتاق و تاریکی، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. داده‌ها بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد. نمونه بلنک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود (Du *et al.*, 2009).

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵٪ مخلوط کرده و بعد از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰٪ به آن اضافه، و بعد از گذشت ۵ دقیقه، ۱ میلی‌لیتر سود یک مولار اضافه گردید و در نهایت حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر، برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر معادل کوئرسیتین بیان گردید، نمونه بلنک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود (Shin *et al.*, 2014).

تعیین میزان آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش اختلاف جذب در pH های مختلف استفاده شد (Cheng, 1991). برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. محتوی آنتوسیانین کل بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردیده و بر اساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر سیانیدین ۳ گلوکوزاید بیان گردید:

$$\text{جذب نمونه } (A) = (A520\ pH1 - A700\ pH1) - (A520\ pH4.5 - A700\ pH4.5)$$ معادله (۳)

$$\text{آنتوسیانین کل } (mg/100g) = (A/26900)(10^3)(449.2)(20)$$

10^3 = ضریب تبدیل

26900 = ضریب خاموشی سیانیدین ۳ گلوکوزاید

449.2 = وزن مولکولی سیانیدین ۳ گلوکوزاید

20 = درجه رقیق سازی

آنالیز آماری داده‌ها

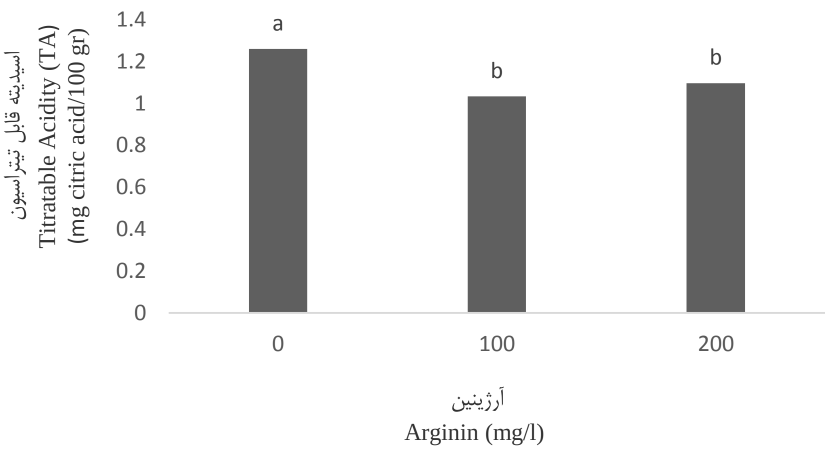
آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سپس داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 آنالیز شدند و به منظور مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص‌های اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف آرژنین و کم محلول‌دهی قرار گرفتند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثرات متقابل آرژنین و کم محلول‌دهی بر صفات طعم میوه، سفتی، ویتامین ث، آنتوسیانین کل، فنل کل و فلاونوئید کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده آرژنین در تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بر طبق (جدول ۱) تیمار کم محلول‌دهی بر صفات آنتوسیانین کل، آنتی‌اکسیدان کل و فنل کل اثرات معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد.

اسیدیته قابل تیتراسیون

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر ساده تیمار آرژنین بر اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین اسیدیته عصاره میوه (۱/۲۶ میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه) در میوه‌های شاهد و کمترین مقدار آن (۱/۰۳۳۸ میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه) در تیمار آرژنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آب، بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر آرژنین بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 1- The effect of arginine on titratable acidity of strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p \le 0.05$)

مواد جامد محلول

اثر تیمار آرژنین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژنین با کم محلول‌دهی بر میزان مواد جامد محلول به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان مواد جامد محلول (۶/۶۲ بریکس) در میوه‌های بدون اعمال تیمار آرژنین و با سطح محلول‌دهی ۱۸۰ میلی‌لیتر و همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول (۹/۱۲۵ بریکس) در میوه‌هایی با سطح محلول‌دهی نرمال، البته همراه با تیمار آرژنین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف آرژنین بر برخی صفات اندازه‌گیری شده میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون' در شرایط کم محلول‌دهی

Table 3- The effect of different concentrations of arginine on some measured traits of strawberry fruit cv. 'Albion' under deficit fertigation conditions

آرژنین Arginine ($mg.l^{-1}$)	محلول دهی Deficit fertigation (ml)	مواد جامد محلول TSS (Brix)	طعم میوه Fruit flavor	سفتی Firmness (Newton)
0	140	7.5^{bc}	6.17^{c}	0.217^{c}
	180	6.62^{c}	5.11^{d}	0.152^{d}
100	140	7.75^{b}	7.505^{b}	0.252^{b}
	180	9.125^{a}	8.89^{a}	100.301^{a}
200	140	8.375^{ab}	8.107^{ab}	0.272^{b}
	180	8.25^{ab}	7.14^{bc}	0.264^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

In each column, means with similar letter (s) are not significantly different at the 5 % of probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات ساده و متقابل آرژینین و کم محلول‌دهی بر برخی صفات توت‌فرنگی رقم آلبیون

Table 2- Variance analysis (mean squares) of Simple and interaction effects of arginine and Deficit fertigation on some traits of Strawberry cultivar Albion

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		اسیدیته قابل تیتراسیون TA	مواد جامد محلول TSS	طعم میوه Fruit flavor	سفتی Firmness	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین کل Anthocyanin	آنتی‌اکسیدان کل Antioxidant capacity	فنل کل Total Phenolic	فلاونوئید Total flavonoid
آرژنین Arginine (A)	2	o.109**	4.625**	14.376**	0.0206**	41.059**	1163.079**	134.044**	5959.069**	8237.67**
کم محلول‌دهی Deficit fertigation (B)	1	0.019^{ns}	0.093^{ns}	0.268^{ns}	0.0003^{ns}	1.075ns	307.164**	38.052**	1821.958**	97.123^{ns}
آرژنین × کم محلول‌دهی A*B	2	0.009^{ns}	2.625*	3.84**	0.006**	21.903**	78.205**	2.529^{ns}	2933.741**	2592.022**
خطای آزمایشی Error	18	0.0128	0.447	0.506	0.0002	0.961	2.495	2.625	86.187	178.308
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.028	8.431	9.947	6.770	1.676	5.635	1.833	1.796	11.09

ns ، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, ** nonsignificant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

طعم میوه

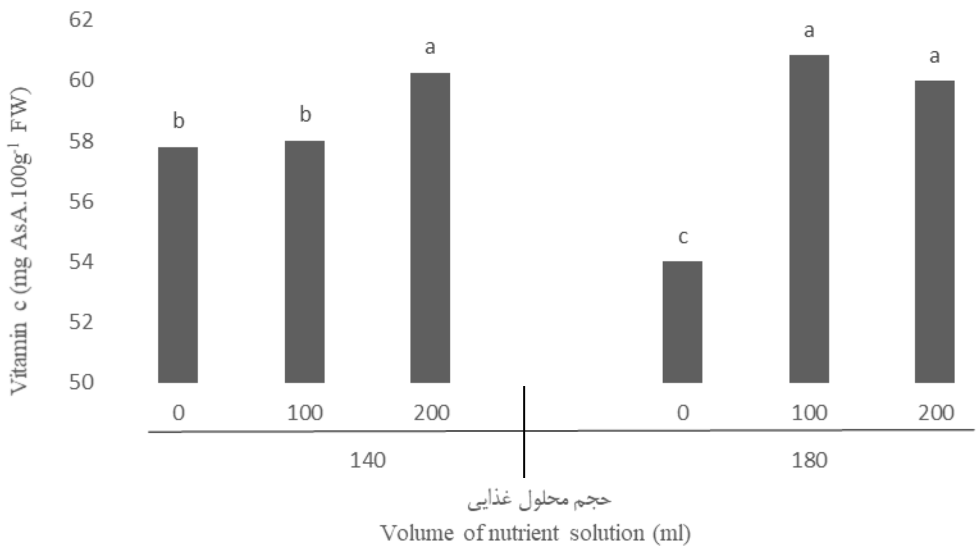
اثر تیمار آرژینین و اثرات متقابل تیمار آرژینین با کم محلول‌دهی بر میزان طعم میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین مقدار طعم میوه (۸/۸۹) در میوه‌های تیمار شده با آرژینین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سطح محلول‌دهی ۱۸۰ میلی‌لیتر، و کمترین آن (۵/۱۱) در میوه‌هایی که در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژینین رشد کرده بودند، ثبت شد (جدول ۳).

سفتی بافت میوه

اثر تیمار آرژینین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژینین با کم محلول‌دهی بر میزان سفتی بافت میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان سفتی (۰/۱۵۲ نیوتون) در میوه‌های بدون اعمال تیمار آرژینین و با سطح محلول‌دهی۱۸۰ میلی‌لیتر (شاهد) و بیشترین میزان آن (۰/۳۰۱ نیوتون) هم در سطح محلول‌دهی شاهد، البته همراه با تیمار آرژینین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (جدول ۳).

ویتامین ث

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار آرژینین و همچنین اثر متقابل تیمار آرژینین با کم محلول‌دهی بر میزان ویتامین ث در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). آرژینین مقدار ویتامین ث میوه‌ها را در تمام شرایط محلول‌دهی، بهبود بخشید (شکل ۲). کمترین مقدار ویتامین ث میوه (۵۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در شرایط محلول‌دهی شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژینین و بیشترین مقدار آن (۶۰/۸۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در سطح محلول‌دهی شاهد همراه با تیمار آرژینین (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) ثبت شد، که تفاوت معنی‌داری با تیمار آرژینین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط محلول‌دهی (۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌لیتر) نشان نداد (شکل ۲).

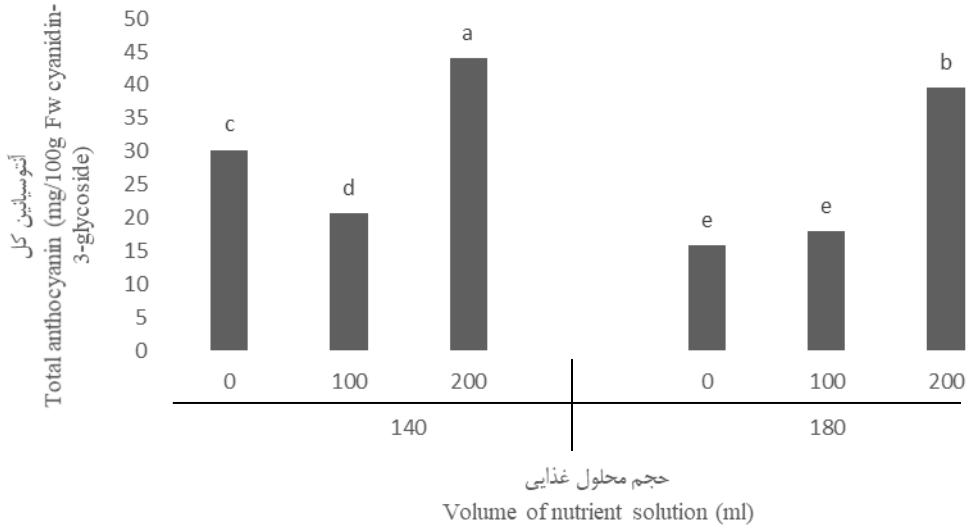


شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژینین × حجم محلول غذایی بر میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 2- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of vitamin C in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, *p≤0.05*)

آنتوسیانین کل

شاخص آنتوسیانین کل در اثر تیمارهای کم محلول‌دهی، آرژینین و اثر متقابل تیمار آرژینین با کم محلول‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان آنتوسیانین (۴۴/۰۲۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) به میوه‌هایی که در شرایط کم محلول‌دهی (۱۴۰ میلی‌لیتر)، البته همراه با تیمار آرژینین ۲۰۰ میلی-گرم بر لیتر رشد کرده بودند، تعلق داشت و کمترین میزان (۱۵/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) آن در میوه‌های شاهد (بدون اعمال تیمار کم محلول‌دهی و آرژینین) گزارش شد. تیمار آرژینین میزان آنتوسیانین میوه را در شرایط محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) و محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر) افزایش داد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژینین × حجم محلول غذایی بر میزان آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

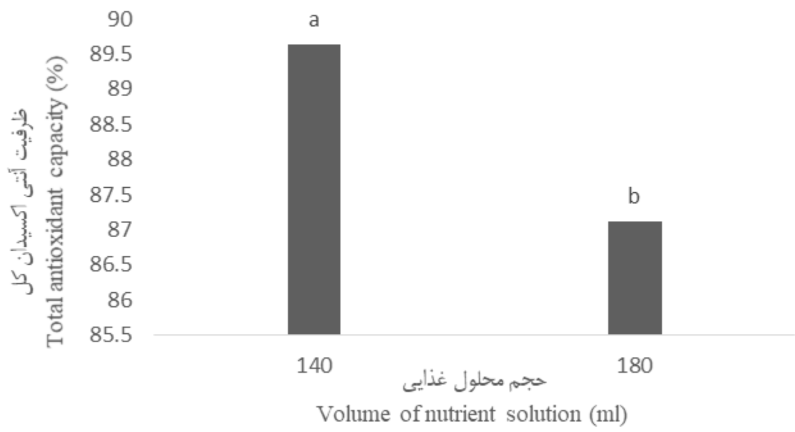
Figure 3- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total anthocyanin in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p≤0.05$)

آنتی‌اکسیدان کل

بر اساس جدول ۲ فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه در اثر ساده تیمار کم محلول‌دهی و آرژینین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (۸۹/۶۳۵۸ درصد) در میوه‌هایی که در شرایط کم محلول‌دهی (۱۴۰ میلی‌لیتر) و کمترین میزان آن (۸۷/۱۱۷۵ درصد) در میوه‌های شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) گزارش شد (شکل ۴). همچنین تیمار آرژینین روی این پارامتر نقش مثبتی را نسبت به شاهد نشان داد، و بیشترین مقدار آن (۹۲/۲۲۳۸) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (شکل ۵).

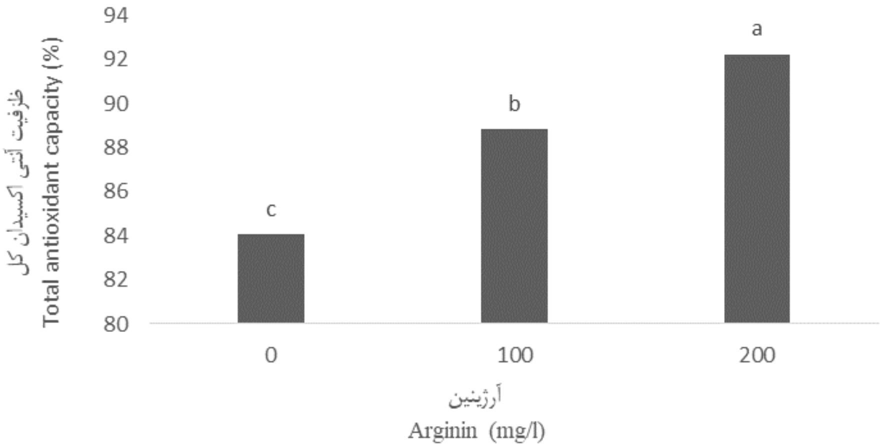
فنل کل

تیمار کم محلول‌دهی، آرژینین و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان فنل کل تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۲). کمترین مقدار فنل کل میوه (۴۷۴/۶۶ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) در شرایط محلول‌دهی شاهد (۱۸۰ میلی‌لیتر) و بدون اعمال تیمار آرژینین، همچنین بیشترین میزان فنل کل (۵۶۵/۵۲۸ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) به سطح محلول‌دهی شاهد، البته همراه با آرژینین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعلق داشت (شکل ۶). آرژینین میزان فعالیت فنل کل را در شرایط محلول‌دهی شاهد و کم محلول‌دهی ملایم افزایش داد (شکل ۶).



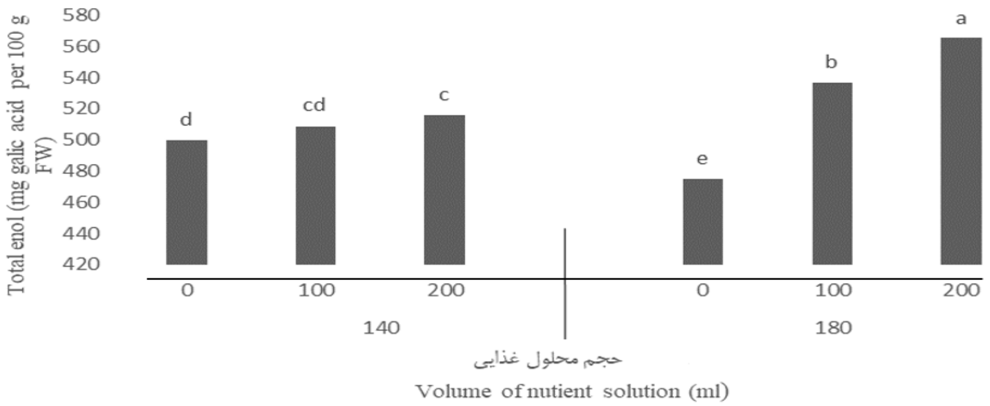
شکل ۴- اثر محلول دهی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 4- The effect of fertigation on the amount of antioxidant capacity of the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p≤0.05$)



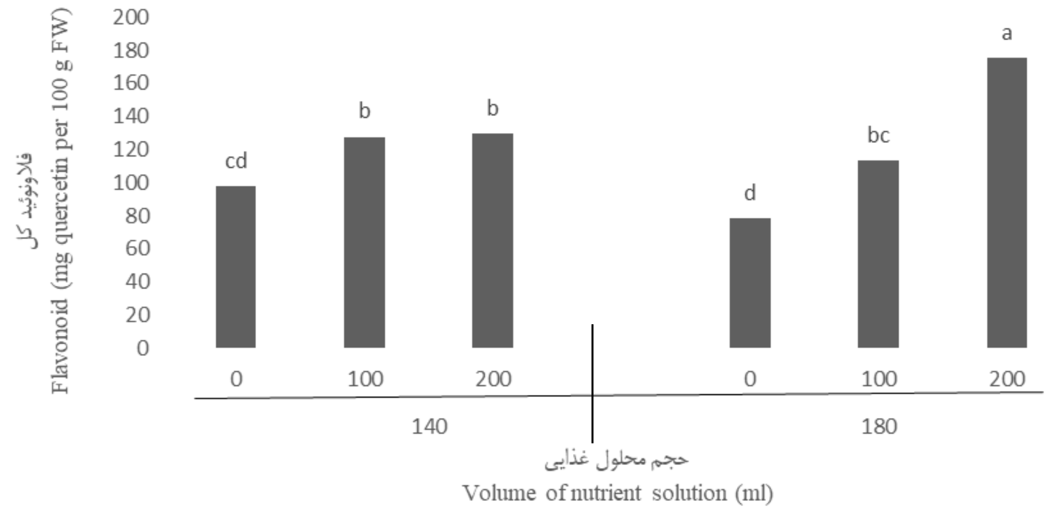
شکل ۵- اثر آرژینین بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 5- The effect of arginine on the amount of antioxidant capacity of the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)



شکل ۶- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژینین × حجم محلول غذایی بر میزان فنل کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'.

Figure 6- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total phenol in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)



شکل ۷- اثر متقابل غلظت‌های مختلف آرژینین × حجم محلول غذایی بر میزان فلاونوئید کل میوه توت‌فرنگی رقم 'آلبیون'

Figure 7- The interaction effect of different concentrations of arginine ×the volume of nutrient solution on the amount of total flavonoid in the strawberry fruit cv. 'Albion' (DMRT, $p\leq0.05$)

فلاونوئید کل

اثر تیمارهای آرژنین و اثر متقابل آرژنین با کم محلول‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوی فلاونوئید کل معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین مقدار فلاونوئید کل (۷۸/۵۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) در میوه‌های شاهد بدون اعمال کم محلول‌دهی و آرژنین و بیشترین آن (۱۷۵/۱۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) نیز در سطح محلول‌دهی شاهد همراه با آرژنین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. با کاهش در مقدار محلول غذایی، محتوای فلاونوئید کل ، افزایش پیدا کرد. آرژنین، فلاونوئید کل را در شرایط محلول‌دهی شاهد و کم محلول‌دهی افزایش داد. (شکل ۷).

محلول‌پاشی آرژنین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به شاهد کاهش داد، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه‌ها شد. در مطالعه‌ای، آرژنین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را در توت‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک کاهش داد (Bidaki *et al.*, 2017). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، اسیدآمینه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را در گوجه‌فرنگی کاهش داد (Juanmardi and Sattar, 2014). که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. مطالعات قبلی نشان داده است که آرژنین در القاء هورمون‌های مسئول تولید گل و میوه نقش داشته و جذب عناصر پرمصرف و ریز مغذی را افزایش می‌دهد و از طریق افزایش سنتز پروتئین و افزایش فعالیت آنزیم‌ها نقش بسزایی در فعالسازی برخی فرایندهای تشکیل قند در میوه‌ها و همچنین تجزیه اسیدهای آلی ایفا می‌کند (Juanmardi and Sattar, 2014). در پژوهش حاضر در شرایط کم محلول‌دهی، تیمار آرژنین میزان مواد جامد محلول را بهبود بخشید. تجمع مواد جامد محلول یک شاخص معتبر برای قند میوه توت‌فرنگی می‌باشد و قند رابطه مثبتی با تجمع مواد جامد محلول میوه دارد (Saied *et al.*, 2005). از طرف دیگر، جیا و همکاران (Jia *et al.*, 2000)، نشان دادند که با کاربرد آرژنین، قند میوه هلو افزایش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین از آنجا که اسیدهای آمینه پیشرو سنتز کلروفیل هستند، در تولید ماده خشک گیاهان نقش موثری دارند. اسیدهای آمینه به واسطه افزایش کلروفیل، فتوسنتز را افزایش می‌دهند و هر فاکتوری که باعث افزایش فتوسنتز شود باعث افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها می‌گردد (Yaronskaya *et al.*, 2006). در مطالعه جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2016). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر روی گیاه آگاستاکه (*Agastache foeniculum* L.) میزان قندهای محلول کل را افزایش داد که نتایج مطالعه حاضر نیز مطابق این مطالعه بود. آرژنین به طور معنی‌داری طعم و مقبولیت میوه را در میوه‌هایی که در شرایط محلول‌دهی (۱۸۰ میلی‌لیتر) رشد کرده بودند، افزایش داد (جدول ۳). به دلیل اینکه شاخص طعم حاصل نسبت مواد جامد محلول بر اسیدیته قابل تیتراسیون می‌باشد، بنابراین کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و به دنبال آن افزایش میزان مواد جامد محلول، بالا رفتن شاخص طعم میوه را به همراه خواهد داشت، می‌توان استنباط نمود که با مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد (Sanchez *et al.*, 2002). همچنین تیمار آرژنین سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد افزایش داد، ضمنا تیمار کم محلول‌دهی بر افزایش سفتی میوه نقش مثبتی نشان داد (جدول ۳). بر اساس مطالعات قبلی، اسیدآمینه آرژنین پیش‌مادهٔ سنتز پلی‌آمین‌ها می‌باشد که کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیب‌های فنلی گردیده و همچنین باعث بهبود پارامترهای کیفی از قبیل سفتی میوه شده که به سبب سفت شدن دیواره سلولی، کاهش وزن کمتری در میوه‌ها مشاهده می‌شوند (Nasibi *et al.*, 2013). اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی را می‌توان به اتصال آنها به گروه کربوکسیلی ترکیبات پکتیکی سلولی نسبت داد که این اتصال مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره از جمله پکتین‌متیل‌استراز و پلی گالاکتوروناز می‌شود (Valero *et al.*, 2002).بنابراین افزایش سفتی میوه در اثر تیمار با اسید آمینه آرژنین را احتمالا می‌توان به نقش آن در سنتز پلی آمین‌ها نسبت داد. در مطالعه حسن و ساروی (Hassan and Sarrwy, 2010)، تیمار درختان آلو رقم هالیود با ترکیبات آمینواسیدی، افزایش میزان سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد نشان داد که نتایج حاصل از مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت داشت.

در پژوهش حاضر محلول‌پاشی آرژنین میزان ویتامین ث را در شرایط کم محلول‌دهی افزایش داد. اسید آمینه آرژنین از طریق افزایش غلظت کلروفیل و به دنبال آن با افزایش میزان فتوسنتز در افزایش محتوی ویتامین ث در درون بافت‌های گیاهی موثر می‌باشد (Souri and Hatamian, 2019).همچنانکه در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که ترکیبات آمینو اسیدی اثر معناداری بر غلظت ویتامین ث میوه لیمو (Seyoum *et al.*, 2006) و توت‌فرنگی (Abo Sedera *et al.*, 2010) داشتند که نتایج حاصل از مطالعه حاضر با این مطالعات مطابقت داشت. بنابراین افزایش ویتامین ث بعنوان آنتی‌اکسیدان، در شرایط کم محلول‌دهی می‌تواند برای مقابله با تنش اکسیداتیو موثر واقع شود (Falagan *et al.*, 2015). آنتوسیانین‌ها بزرگترین گروه رنگدانه‌های محلول در آب در گیاهان هستند و به زیرمجموعه فلاونوئیدها تعلق دارند. این ترکیبات در سیستم‌های غذایی و به خصوص میوه‌ها پایدار نیستند و تحت تأثیر عواملی چون دما، اکسیژن، نور، آنزیم و سایر تنش‌های محیطی تغییر می‌کنند (Falagan *et al.*, 2015). در پژوهش حاضر محلول‌پاشی آرژنین محتوی آنتوسیانین را در همه سطوح محلول‌دهی نسبت به شاهد بهبود بخشید. در مطالعه‌ای قبلی انجام شده نیز مشخص شد که تیمار

اسیدآمینه محتوای مواد جامد محلول، قندهای کل و آنتوسیانین کل را در مقایسه با شاهد بهبود می‌بخشد (Badi *et al*., 2018). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، تنش ملایم کم محلول‌دهی میزان آنتوسیانین میوه را افزایش داد. در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که کم آبیاری، تجمع آنتوسیانین را در پس از برداشت توت‌فرنگی تحریک می‌کند (Mohseni *et al*., 2015). همچنین در مطالعه‌ای تنش خشکی در توت‌فرنگی، غلظت ترکیباتی از قبیل آنتوسیانین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها و محتوی فروکتوز و گلوکز افزایش یافت (Giné-Bordonaba and Terry, 2016) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار اسید آمینه آرژنین باعث افزایش محتوی فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی گردید. با توجه به اینکه این اسید آمینه پیش ساز بیوسنتزی برای بسیاری از متابولیت‌های ثانویه می‌باشد لذا از این طریق باعث افزایش محتوی این ترکیبات شده است. گزارش شده است که اسید آمینه آرژنین پیش ماده سنتز پلی آمین‌ها بوده و کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیبات فنلی و آنتی اکسیدانی می‌گردد (Bidaki *et al*., 2017). همچنان‌که در مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که تیمار اسیدهای آمینه روی انگور بدون دانه (Belal *et al*., 2016) و میوه هلو (Soleymani Aghdam *et al*., 2015) باعث افزایش محتوی فنل و فلاونوئید کل در مقایسه با شاهد گردیده و در گیاه کارلا نیز محلول‌پاشی آمینواسیدها تحت تنش کم‌آبی سبب افزایش مقدار فنل کل، فلاونوئیدکل و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شد (Rezaei Alulu *et al*., 2019) که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت داشت. دلیل افزایش محتوی فنل و فلاونوئید کل در میوه‌های تحت تیمار اسید آمینه آرژنین شاید در نتیجه تاثیر این اسید آمینه در تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و راه‌اندازی مسیر فنیل پروپانوئید باشد که به تبع آن نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد (Soleymani Aghdam *et al*., 2015). همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کم محلول‌دهی، محتوی فنل و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی را افزایش داده است. افزایش ترکیبات فنلی تحت شرایط تنش شاید به خاطر افزایش فعالیت مسیر هگزوز منو فسفات و مسیر استات و آزاد شدن فنل‌ها توسط آنزیم‌های هیدرولیز کننده باشد. همچنین نتایج مطالعات قبلی نشان می‌دهد که افزایش ترکیبات فنلی تحت شرایط تنش می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز باشد (Rezaei Alulu *et al*., 2019).

نتیجه‌گیری

امروزه کاربرد ترکیبات آلی و زیستی محتوی اسیدهای آمینه در گیاهان مورد توجه قرار گرفته است. اسیدهای آمینه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی فعالیت‌های فیزیولوژیک در رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند. کاربرد خارجی آنها رشد گیاه را متعادل می‌کند و عملکرد و کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد. در مطالعه حاضر بیشترین میزان مواد جامد محلول، طعم میوه، سفتی، ویتامین ث و همچنین کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار آرژنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی نسبت به شاهد گردید. همچنین بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل در تیمار آرژنین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در سطح محلول‌دهی نرمال (۱۸۰ میلی‌لیتر) مشاهده شد. تیمار آرژنین (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط تنش کم‌محلول‌دهی ملایم (۱۴۰ میلی‌لیتر)، محتوای آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین کل را نسبت به شاهد بهبود بخشید، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی از لحاظ ارزش غذایی و همچنین کیفیت ظاهری میوه گردید. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه شاید بتوان پیشنهاد داد که آرژنین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط کم محلول‌دهی برای بهبود افزایش کیفیت میوه توت-فرنگی استفاده گردد.

منابع

1. Abo Sedera, F.A., Amany, A., Abd El-Latif, L.A.A., Bader, & Rezk, S.M. (2010). Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry, *Egyption Journal of Applied Science* 25: 154-169.
2. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., & González-Aguilar, G.A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit, *Food Scince and Biotechnology* 45: 166-173.
3. Badi, H.N., Mehrafarin, A., Mustafavi, S.H., & Labbafi, M. (2018). Exogenous arginine improved fenugreek sprouts growth and trigonelline production under salinity condition, *Industrial Crops and Products* 122: 609-616. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.042.
4. Belal, B.E., El-Kenawy, M.A., & Uwakiem, M.K. (2016). Foliar application of some amino acids and vitamins to improve growth, physical and chemical properties of Flame Seedless grapevines, *Egypt Journal of Horticulturae* *43*(1): 123-136.

5. Bidaki, S., Tehranifar, A., & Khorasani, R. (2017). Improving the post-harvest viability of two strawberry cultivars (*Fragaria* × *ananassa* Duch) using amino acids in a soilless cultivation system, *Science and Technology of Greenhouse Crops 2*(9): 1-9. (In Persian)
6. Bor, D., Duncan, J., Lee, A.C., Parr, A., & Owen, A.M. (2006). Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function, *Neuropsychologia 44*(2): 229-237. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.010.
7. Cheng, GW., & Breen, PJ. (1991). Activity of phenylalanine ammonialyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit, *Journal Scientia Horticulturae* 116: 865–869.
8. Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits, *Food Chemistry* 113: 557-562. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.025.
9. El-Naggar, A.A.M., Adam, A.I., & El-Tony, F.E.Z.H. (2013). Response of Longiflorum X Asiatic Hybrid Lilium plants to foliar spray with some amino acids, *Journal of Agricultural Research 58*(3): 197-208.
10. Falagan, N., Artes, F., Artes-Hernandez, F., Gomez, P.A., Perez-Pastor, A., & Aguayo, E. (2015). Comparative study on postharvest performance of nectarines grown under regulated deficit irrigation, *Postharvest Biology and Technology* 110: 24-32**.** https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.011.
11. Giné-Bordonaba, J., & Terry, L.A. (2016). Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit and leaves, *Scientia Horticulturae* 199: 63-70. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.026.
12. Hassan, H.S.A., Sarrwy, S.M.A., & Mostafa, E.A.M. (2010). Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees, *Agriculture and Biology Journal of North America 1*(4): 638-643.
13. Hassanpour, H., & Alizadeh, S. (2016). Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran, *Scientia Horticulturae* 200: 125–130. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.015.
14. Hernández, J.L. (2018). Controlled water deficit as abiotic stress factor for enhancing the phytochemical content and adding-value of crops, *Scientia Horticulturae* 234: 354-360. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.049.
15. Jahani, R, Hassani, A., & Samadi, A. (2016). Effect of foliar application of urea, aspartic acid and glutamic acid on growth, physiological and biochemical characteristics of *Agastache foeniculum, Soil Applied Research 2*(5): 95-107. (In Persian with English abstract)
16. Jamali, B., & Bunyanpour, A.R. (2016). Growing strawberries, *Technical Journal* 42 p. (In Persian)
17. Jia, H.J., Okamoto, G., & Hirano, K. (2000). Effect of amino acid composition on the taste of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica* Batsch) grown under different fertilizer levels, *Journal of Scientia Horticulturae* 69: 135-140. https://doi.org/10.2503/jjshs.69.135.
18. Juanmardi, J., & Sattar, H. (2014). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids greenhouse crop, *Science and Technology 7*(25): 121-129. (In Persian)
19. Kim, T.H., Kim, E.C., Kim, S.W., Lee, H.S., & Choi, D.W. (2010). Exogenous glutamate inhibits the root growth and increases the glutamine content in Arabidopsis thaliana, *Journal of Plant Biology 53*(1): 45-51. https://doi.org/10.1007/s12374-009-9084-0.
20. Lynette, M. (2006). *Hydroponic strawberry production*: A technical guide to the hydroponic production of strawberries (First ed.). Suntec (NZ) Ltd publications.
21. Mohseni, F., Pak Kish, Z., & Panahi, B. (2015). *The role of foliar application of amino acids on vegetative and reproductive characteristics of strawberry (Fragaria × ananassa Duch) of Parus cultivar*. Master Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, *Faculty of Agriculture and Natural Resources*. (In Persian with English abstract)
22. Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell Publishing 304 pp.
23. Nasibi, F., Barand, A., Kalantari, K.M., & Rezanejad, F. (2013). The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* L. in vitro culture, International *Journal Agriculture Crop Scientia 5*(1): 918-925.
24. Rezaei Alulu, A., Azizi, Kh., Thani Khani, M., & Purple, M. (2019). The effect of foliar application of salicylic acid, glycine betaine and gamma aminobutyric acid on the antioxidant activity of Carla under dehydration stress, *Journal of Plant Ecophysiology 12*(40): 151-141. (In Persian with English abstract)
25. Saied, A.S., Keutgen, A.J., & Noga, G. (2005). The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs.'Elsanta' and 'Korona', *Scientia Horticulturae* 103: 289-303. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.015.
26. Sanchez Sanchez, A., Sanchez Anderu, J., Juarez, M., Jorda, J., & Bermudez, D. (2002). Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus, *Humic Sciences* 1197- 1206.

27. Shin, SW., Ghimeray, AK., & Park, CH. (2014). Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidantand allyl isothiocyanate content in the different organs of wasabi Japonica grown in an organic system, African Journal of Traditional. *Complementary and Alternative Medicines 3*(11): 38-45. http://doi.org/10.4314/ajtcam.v11i3.7.
28. Soleymani Aghdam, M., Razavi, F., & Fatemeh, K. (2015). Maintaining the postharvest nutritional quality of peach fruits by γ-Aminobutyric acid, *International Journal Plant Physiology* 5: 1457- 1463.
29. Souri, M.K., & Hatamian, M. (2019). Aminochelates in plant nutrition: a review, *Journal of Plant Nutrition 42*(1): 67-78. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671.
30. Seyoum, A., Asres, K., & El-Fiky, F.K. (2006). Structure radical scavenging activity relationships of flavonoid. *Journal Phytochemistry* 67: 2058-2070.
31. Terry, L.A., Chope, G.A., & Bordonaba, J.G. (2007). Effect of water deficit irrigation and inoculation with Botrytis cinerea on strawberry *(Fragaria x ananassa*) fruit quality, *Journal of Agricultural and Food Chemistry 55*(26): 10812-10819.
32. Valero, D., Martinez-Romero, D., & Serrano, M. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit, *Trends in Journal of Food Science and Technology* 13: 228-234. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00134-6.
33. Voca, S., Jakobek, L., Druzic, J., Sindrak, Z., Dobricevic, N., Seruga, M., & Kovac, A. (2009). Quality of strawberries produced applying two different growing systems Calidad de fresas producidas aplicando dos diferentes sistemas de cultivo, *CyTA-Journal of Food 7*(3): 201-207. https://doi.org/10.1080/19476330902940564.
34. Wang, J., Wang, J., Ye, J., Vanga, S.K., & Raghavan, V. (2019). Influence of high-intensity ultrasound on bioactive compounds of strawberry juice: Profiles of ascorbic acid, phenolics, antioxidant activity and microstructure, *Food Control* 96: 128-136. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.007.
35. Winter, G., Todd, C.D., Trovato, M., Forlani, G., & Funck, D. (2015). Physiological implications of arginine metabolism in plants, *Frontiers in Plant Science* 6: 534. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00534.
36. Yaronskaya, E., Vershilovskaya, I., Poers, Y., Alawady, A.E., Averina, N., & Grimm, B. (2006). Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings, *Planta* 224: 700–709. https://doi.org/10.1007/s00425-006-0249-5.
37. Yildizhan, H. (2018). Energy, exergy utilization and CO_2 emission of strawberry production in greenhouse and open field, *Energy* 143: 417-423. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.139.